

Tagungsbeitrag zu:  
Bodenbiologische Indikatoren für eine nachhaltige Bodennutzung  
Kommission III „Bodenbiologie und Bodenökologie“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Sitzung 28.-29. Februar 2008 in Osnabrück  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

## **UNTERSUCHUNG VON ORGANISCHEN DRÄNFILTERMATERIALIEN AUF DENITRIFIKATIVEN NITRATABBAU UND ABBAURESISTENZ**

Heinrich Höper, Ulrike Möller, Stefanie Wienhaus und Walter Schäfer<sup>1</sup>

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Aus gedränten Böden können erhebliche Mengen an Phosphor und Stickstoff in Oberflächengewässer gelangen. Zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität zu entwickeln. In Labor- und Lysimeterversuchen wurde der Frage nachgegangen, in wieweit sich organische Dränfiltermaterialien (Stroh, Kokos, Xylit und Torf) in Verbindung mit Wassersättigung dazu eignen, einen denitrifikativen Nitratabbau zu fördern. Im Vordergrund der Untersuchungen stand Xylit, ein Abfallstoff aus der Braunkohlegewinnung, der im Hinblick auf seine Eignung als Dränfiltermaterial erstmals getestet wurde. Aus einer biochemischen Charakterisierung der Materialien und aus einem 18-monatigen Inkubationsversuch wurde abgeleitet, dass die Langlebigkeit der Materialien in der Reihenfolge Stroh < Kokos = Torf < Xylit ansteigt. Die Eignung zum Nitratabbau nimmt in der Reihenfolge Xylit = Torf < Kokos < Stroh zu. In Lysimeteruntersuchungen, in denen eine 1 bzw. 3 cm starke Schicht an organischem Material in ein 80 cm hohes Sandlysimeter eingebaut wurde, zeigte sich bei allen Materialien ein erheblicher Nitratabau.

<sup>1</sup>Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Stilleweg 2, 30655 Hannover, E-mail: [heinrich.hoeper@lbeg.niedersachsen.de](mailto:heinrich.hoeper@lbeg.niedersachsen.de)

Ein fast vollständiger Abbau, selbst bei Temperaturen von ca. 10°C, wurde beim Einbau einer Kokos- (1 cm) oder einer 3 cm mächtigen Xylit-Schicht erzielt. In Dränkastenversuchen soll die Eignung der Systeme unter feldnahen Bedingungen untersucht werden.

**Schlüsselworte:** Dränung, Dränfilter, Denitrifikation, Nitrat, Xylit, Kokos, EG-Wasserrahmenrichtlinie, Abbau

### **EINLEITUNG**

Ein wesentliches Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist es, den guten chemischen Zustand von Gewässern herzustellen. Eine besondere Problematik in Deutschland ist der diffuse Nährstoffeintrag. Über Dräne werden z.T. erhebliche Mengen an Stickstoff in Oberflächengewässer eingetragen. Im Dränabfluss von Mineralböden wurden Werte bis 177 mg Nitrat pro Liter beobachtet (Blankenburg und Scheffer, 2008). Dem gegenüber steht der Zielwert der LAWA (1998) von 2,5 mg Nitrat pro l.

In Böden mit hohen Grundwasserständen sind günstige Bedingungen für den anaeroben Nitratabbau durch Denitrifikation gegeben. Allerdings fehlen, außer in Moorböden, häufig organischer Kohlenstoff oder Sulfid als Substrate. Durch Dränung werden die Böden belüftet, die Denitrifikation wird reduziert, andererseits wird aber über Dränfilter organisches Material eingebaut, welches den Prozess der Denitrifikation unterstützen kann. Verbindet man ein System mit hohen Wasserständen mit einer Kohlenstoffquelle im Dränfilter, so kann man den reduktiven Nitratabbau bei der Dränung fördern. Organische Dränfilter werden i.d.R. aus Kokosfasern hergestellt, auch Strohfilter werden in geringerem Umfang eingesetzt. Mit Xylit, einem Abfallstoff aus der Gewinnung von Braunkohle, steht in Deutschland ein neues Material für organische Dränfilter zur Verfügung.

Im Rahmen eines von der Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschung, Berlin, geförderten Verbundvorhabens, an dem neben dem LBEG die Fa. A.H. Meyer, Twistringen, und die Brandenburgisch-Technische Universität, Cottbus, beteiligt waren, wurde u.a. folgenden Fragestellungen nachgegangen:

- Wie ist die Langlebigkeit von Xylit im Vergleich zu den anderen Dränfiltermaterialien einzuschätzen?
  - Wie hoch ist der Nitratabbau in Gegenwart der verschiedenen organischen Dränfiltermaterialien?
  - Welchen Einfluss hat die Wassersättigung auf Abbaubarkeit und Nitratabbau?
- Neben Xylit, Kokosfasern und Roggenstroh wurde auch Hochmoortorf als Referenzmaterial untersucht.

#### MATERIAL UND METHODEN

Roggenstroh, Kokos- und Xylitfasern wurden von der Fa. A.H. Meyer zur Verfügung gestellt. Der Hochmoortorf kommt aus Beständen des LBEG. Die Materialien wurden gehäckselt und auf 2 mm gesiebt. Chemische und physikalische Eigenschaften sind in Tab. 1 zusammengestellt.

**Tab. 1:  $C_{org}$ -, Gesamt-N ( $N_t$ ), Gesamt-S ( $S_t$ ),  $pH_{(CaCl_2)}$ -Wert und Stampfvolumen<sup>1</sup> der Dränfiltermaterialien**

Material	$C_{org}$ [%]	$N_t$ [%]	pH	Stampf- volumen g tr./L	$S_t$ %
Roggen- stroh	45,2	0,45	7,0	80	0,08
Kokos- fasern	48,9	0,15	4,8	141	0,03
Xylit- fasern	54,4	0,06	4,7	296	0,53
Hochmoor- Torf	52,1	1,10	3,2	265	0,15

<sup>1</sup> als Maß für die Trockenrohdichte

Für Langzeitinkubationen wurden die organischen Materialien mit Grobsand (gU 0,1% gU; 11,8% fS; 74,7% mS; 13,4% gS; 0,15%  $C_{org}$ ) im Verhältnis 1:9, gewichtsbezogen, gemischt.

Folgende Untersuchungen wurden u.a. durchgeführt:

#### 1. Untersuchungen an reinen Dränfiltermaterialien:

- heißwasserlöslicher Kohlenstoff ( $C_{hwl}$ ), 6 M HCL resistenter C ( $C_{HCL}$ ).
- Denitrifikationspotenzial ( $D_{pot}$ ):  $N_2O$ -Freisetzung in 48 h; Atmosphäre aus 90%  $N_2$  und 10% Acetylen; 10, 15 und 20°C.

#### 2. Untersuchungen an Gemischen aus Sand und Dränfiltermaterial

- mikrobiell gebundener C ( $C_{mik}$ )
- Respiration über 18 Monate bei 22°C: 15 g tr. Boden in 118 ml Flaschen, Feuchte 50 (W50) und 100% (W100) der maximalen Wasserkapazität, Nitratgehalte 0 (N0) und 20 mg N/l (N1). Gasprobenahme und Belüftung alle 3 Wochen,  $CO_2$ -Analytik mittels Gaschromatographie;
- Nitratabbau über 18 Monate bei 22°C: 50 g tr. Boden in 500 ml Nitratlösung (20 mg N/l), alle 3 Wochen: Probenahme von 100 ml, Bestimmung der Nitratgehalte, Auffüllen mit 100 ml Nitratlösung (40 oder 80 mg N/l).

3. *Lysimeterversuche*: PE-Rohre (h=80 cm, d=30 cm) wurden mit 15 cm Mittelsand, 1 cm (bzw. 3 cm) organischem Material („Dränfilter“) und 60 cm Mittelsand befüllt. Es wurden Wasserstände 10 cm unter bzw. 10 cm oberhalb der Dränfilterschicht (WS1 bzw. WS2) eingestellt. Die Lysimeter wurden mit Verdunstungsschutz versehen. Alle 3 Wochen wurden 30 mm Nitrat-haltiges (20 mg N/l), künstliches Regenwasser (Klockow) zugeführt und der Lysimeterabfluss entnommen. Der Versuch wurde von Juni bis November 2007 bei Außentemperaturen betrieben. In 3 Lysimetern wurde die Temperatur in 35 cm Tiefe stündlich aufgezeichnet. Die Werte wurden über die Inkubationszeiträume gemittelt. Es wurden u.a. folgende Varianten betrieben (Tab. 2)

**Tab. 2: Varianten der Lysimeterversuche**

Variante	Substrat	Stärke [cm]	Masse [g]
Kokos_1_WS1	Kokos	1	122
Kokos_1_WS2	Kokos	1	122
Xylit_3_WS2	Xylit	3	670
Xylit_1_WS2	Xylit	1	223
Xylit_1_WS1	Xylit	1	223

## ERGEBNISSE

Die organischen Materialien unterscheiden sich deutlich bei den Kohlenstofffraktionen. Roggenstroh weist erwartungsgemäß die höchsten Gehalte an leicht verfügbarem ( $C_{hwl}$ ) oder mikrobiell gebundenem Kohlenstoff ( $C_{mik}$ ) und Xylit oder Torf den höchsten Anteil an schwer umsetzbarem Kohlenstoff ( $C_{HCl}$ ) auf (Tab. 3). In der Langzeitinkubation wird Stroh deutlich schneller abgebaut als die anderen Materialien (Tab. 4). Xylit zeigt die geringste  $CO_2$ -Freisetzung. Nitrat hat keinen fördernden Einfluss auf den C-Abbau, dagegen wird das organische Material schneller bei hohen (W100) als bei niedrigen Wassergehalten (W50) abgebaut.

**Tab. 3: C-Fractionen der Dränfiltermaterialien und mikrobiell gebundener Kohlenstoff ( $C_{mik}$ ) im Gemisch aus 90 Gew-% Sand und 10 % Dränfiltermaterial.**

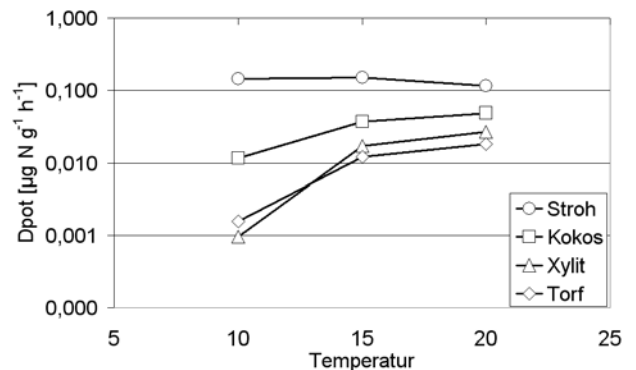
	$C_{hwl}$	$C_{HCl}$	$C_{mik}$
	%	%	$\mu g C g^{-1} B.$
Roggenstroh	3,7	23,0	369
Kokosfasern	1,2	30,8	51
Xylitfasern	0,3	40,6	33
Hochmoor-Torf	0,9	40,7	33

**Tab. 4: Anfangsgehalte an  $C_{org}$  und über 420 Tage kumulierte Respiration (negative Werte) in den Gemischen aus Sand und Dränfiltermaterial<sup>1</sup> bei unterschiedlicher N-Düngung und Feuchte. Angaben in  $mg C g^{-1} tr. Boden$**

	$C_{org}$	N0 W50	N1 W50	N0 W100	N1 W100
S+Stroh	44,9	-12,1	-11,4	-18,0	-16,2
S+Kokos	48,9	-1,2	-1,2	-2,5	-2,5
S+Xylit	54,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,8
S+Torf	52,1	-1,6	-1,3	-2,1	-2,0

<sup>1</sup>90 % Sand u. 10 % org. Material (w/w)

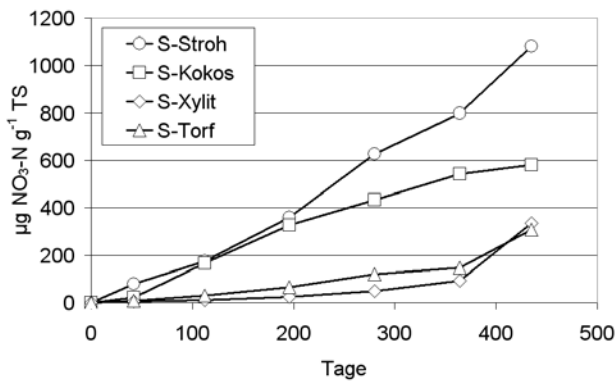
Die potenzielle Denitrifikation der reinen Materialien steigt in der Reihenfolge Xylit = Torf < Kokos < Stroh an (Abb. 1). Sie zeigt, außer beim Stroh, eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur.



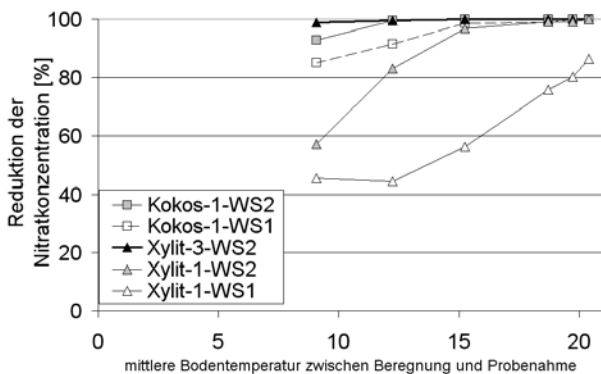
**Abb. 1: Denitrifikationspotenzial der organischen Materialien in Abhängigkeit der Temperatur.**

In der Langzeitinkubation über 435 Tage (Abb. 2) wird die gleiche Reihenfolge der organischen Materialien beim kumulierten Nitratabbau beobachtet wie beim Denitrifikationspotenzial (Abb. 1). Über den längeren Zeitraum ist bei Stroh, Xylit und Torf bei konstanten oder gar zunehmenden Abbauraten keine Erschöpfung des Nitratabbaupotenzials zu erkennen.

Im Lysimeterversuch zeigt sich sowohl bei den niedrigen (WS1) als auch bei den hohen Wasserständen (WS2) ein sehr hoher Nitratabbau von über 80% des zugeführten Nitrats bei 20°C (Abb. 3). Bei Temperaturen um 10°C ist der Nitratabbau geringer, findet aber immer noch statt. Kokos fördert den Nitratabbau stärker als Xylit. Höhere Wasserstände und eine größere Schichtmächtigkeit wirken sich fördernd auf die Nitratabbauleistung aus. Dann können auch bei dem relativ gering umsetzbaren Xylit hohe Nitratabbauraten erreicht werden.



**Abb. 2: Über 435 Tage kumulierter Nitrat-abbau in den Gemischen aus Sand und Dränfiltermaterial**



**Abb. 3: Reduktion der Nitratkonzentration im Lysimeterabfluss relativ zur Nitratkonzentration im Beregnungswasser, in Abhängigkeit der mittleren Bodentemperatur im Zeitraum zwischen vorhergehender Beregnung und aktueller Probenahme (3 Wochen).**

## DISKUSSION

Die Langlebigkeit der Materialien steigt in der Reihenfolge Stroh < Kokos = Torf < Xylit an. Xylit weist damit als Dränfiltermaterial eine höhere Lebensdauer auf als Kokos. Das könnte mit der Inkohlung und dem sehr weiten C/N-Verhältnis von Xylit zusammenhängen. Erwartungsgemäß sind das Denitrifikationspotenzial und der Nitrat-abbau im Langzeitversuch beim Einsatz von Xylit gering. Dagegen wurde im Lysimeterversuch in allen Varianten ein erheblicher Nitratabbau festgestellt. Die Ursachen für den deutlichen Nitratabbau im Xylitfilter können im relativ hohen Substratvolumen (rel. hohe Masse der Filterschicht) und im hohen Schwefelgehalt (z.B. Pyrit-oxidation) liegen. Ein hoher Wasserstand oder eine höhere Schichtmächtigkeit kann den Nitratabbau verbessern. Dränkasten-

versuche sollen klären, inwieweit sich die gewonnenen Erkenntnisse zum Nitratabbau auf lineare Strukturen wie Dränrohre mit Filterummantelung übertragen lassen.

## LITERATUR

- Blankenburg, J. und Scheffer, B. (2008) Nährstoffausträge gedränter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands. In: DWA (Hrsg.) Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management. DWA, Honnef. 47-58.
- Klockow, D. (unveröffentlicht): künstliches Regenwasser – interne Mitteilung aus dem Umweltbundesamt, Fachabt. II 1.4: Ausbreitung und chemische Reaktion von Schadstoffen.
- LAWA - Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - Chemische Gewässergüteklassifikation / Hrsg. von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Bearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis "Zielvorgaben" in Zusammenarbeit mit LAWA-Arbeitskreis "Qualitative Hydrologie der Fließgewässer". 1. Aufl. 1998, Kulturbuchverlag Berlin.